

TITLE OF THE INVENTION

IMAGING APPARATUS

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application is based upon and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Application No. 2000-28319, filed February 4, 2000, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、撮像素子における暗出力を補正する機能を有した撮像装置に関する。

近年、主として静止画を撮像記録するために、電子スチルカメラが開発されている。また、動画記録用であったビデオカメラにおいては、静止画撮影記録機能が付加されるようになっている。そして、これらのカメラにおける静止画撮影に際しては、撮像素子における電荷蓄積時間を長くすることによって露光時間を長くする、いわゆる長時間露光技術が用いられている。この長時間露光技術では、低照度下でもストロボなどの補助照明を使用することなく撮影することができる。

一方、撮像素子においては、いわゆる暗電流などによる暗出力が存在するため、この暗出力が画像信号に重畳されることにより画質劣化を来す問題がある。暗出力による画質劣化を補う方法として、その画素の出力情報を用いて暗出力レベル分を当該画素信号出力レベルから差し引いて信号成分だけを取り出すことは、例えば特開昭60-53383号公報にも記載されており公知である。本明細書においては、このような劣化画素の信号出力から暗出力分を除去する処理を暗出力補正と称する。この補正は、解像度劣化等を生じず本来の画素情報が得られる点で原理的に優れたものである。

しかし、従来の技術を用いて単純に暗出力補正を行うと、現実の電子スチルカ

メラに使用される撮像素子の出力レンジが限られているため、暗出力レベルが大きい場合は補正によって却って偽信号を生じ、画質劣化を来す不具合があった。具体例を挙げて説明する。着目する画素に高いレベル（撮像素子の飽和レベルの50%とする）の暗出力が発生していたとする。この場合、暗出力補正による暗出力成分の減算によって暗出力は除去されるものの、着目する画素に関して得られる出力信号は最大でも本来の被写体輝度レベルの50%である。即ち、着目する画素の飽和レベルが低下するため、実際に撮影する被写体が明るい場合は、いわゆる黒キズとなってしまふことになる。

ここで解説を加えると、暗出力補正には上記のような問題があるため、従来暗出力による画質劣化への対処は、主として画素欠陥補償技術によって処理されていた。この画素欠陥補償技術は、暗出力レベルが所定レベルより大きい劣化画素については「欠陥画素」と認定し、この画素の情報を無効として近隣の画素情報で代替するものである。この画素欠陥補償技術は、「欠陥画素」が孤立的に少数生じているだけの場合には極めて有効なものである。

しかしながら、この種の画素欠陥補償技術では、当該劣化画素が有する画素情報を無効として破棄するものであるから、原理的に局所的な解像度劣化は避けられない。特に、高温下や長時間露光等により画面全体に亘って多数の画素の暗出力レベルが増大してきた場合には、実質的な有効画素数が極端に低下するため、大きな画質劣化を生じてしまう。

BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、従来の暗出力補正技術に対して改良を施し、暗出力補正を行う際に撮像素子やシステムの飽和に起因して生じる上記問題点を解決し、特に高温下や長時間露光時等、画面全体に亘って多数の画素の暗出力レベルが増大してくるような場合にも適用可能で、良好な画像の得られる撮像装置を提供することにある。

上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

即ち本発明は、撮像装置であって、

複数の画素が2次元配置された撮像素子と、

前記撮像素子の出力信号である撮像信号に重畳される暗出力レベルを各画素毎に検出する暗出力レベル検出手段と、

前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに基づいて前記撮像信号を補正し、且つ前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに応じて前記撮像信号の被写体成分に対するクリップレベルを設定する暗出力補正手段と、を具備してなることを特徴とする。

また本発明は、撮像装置であって、

複数の画素が２次元配置された撮像素子と、

前記撮像素子の出力信号である撮像信号に重畳される暗出力レベルを各画素毎に検出する暗出力レベル検出手段と、

前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに基づいて前記撮像信号を補正し、且つ前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに応じて前記撮像信号の被写体成分に対する実効的なゲインを設定する暗出力補正手段と、を具備してなることを特徴とする。

また本発明は、撮像装置であって、

複数の画素が２次元配置された撮像素子と、

前記撮像素子の出力信号である撮像信号に重畳される暗出力レベルを各画素毎に検出する暗出力レベル検出手段と、

前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに基づいて前記撮像信号を補正し、該補正された撮像信号に対し前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに応じてクリップレベルを設定し、且つ前記補正された撮像信号に対し前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに応じて実効的なゲインを設定する暗出力補正手段と、を具備してなることを特徴とする。

また本発明は、撮像装置であって、

複数の画素が２次元配置された撮像素子と、

前記撮像素子の出力信号である撮像信号に重畳される暗出力レベルを各画素毎に検出する暗出力レベル検出手段と、

前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルに基づいて、各画素毎に

前記撮像信号から暗出力成分を除去する補正を行い、前記補正した撮像信号に対し前記暗出力レベル検出手段で検出された暗出力レベルの最大値に応じてクリップレベルを設定し、且つ前記補正した撮像信号に対し前記設定したクリップレベルに応じて実効的なゲインを設定する暗出力補正手段と、

前記暗出力補正手段におけるゲイン設定に応じて、前記撮像素子における露出を補正する露出補正手段と、
を具備してなることを特徴とする。

また本発明は、撮像方法であって、

複数の画素が2次元配置された撮像素子により被写体を撮像するステップと、

前記撮像して得られた撮像信号に重畳される暗出力レベルを各画素毎に検出するステップと、

前記検出された暗出力レベルに基づいて前記撮像信号を補正するステップと、

前記補正された撮像信号に対し前記検出された暗出力レベルに応じてクリップレベルを設定するステップと、

前記補正された撮像信号に対し前記クリップされたクリップレベルに応じて実効的なゲインを設定するステップと、
を含むことを特徴とする。

上記構成の本発明によれば、暗出力レベルに応じて映像信号の被写体信号成分に対するクリップレベルを設定し、さらに必要に応じて実効的なゲインを設定することにより、暗出力補正を行いつつ黒キズなどの偽信号を生じることがないという優れた効果を有する。従って、暗出力補正を行う際に撮像素子やシステムの飽和に起因して生じる問題点を解決し、特に高温下や長時間露光時等、画面全体に亘って多数の画素の暗出力レベルが増大してくるような場合にも適用可能で、良好な画像の得られる撮像装置を実現することが可能となる。

Additional objects and advantages of the invention will be set forth in the description which follows, and in part will be obvious from the description, or may be learned by practice of the invention. The objects and advantages of the invention may be realized and obtained by means

of the instrumentalities and combinations particularly pointed out hereinafter.

BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWING

BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWING

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate presently preferred embodiments of the invention, and together with the general description given above and the detailed description of the preferred embodiments given below, serve to explain the principles of the invention.

【図 1】

本発明の一実施形態に係わる電子スチルカメラの全体構成を示すブロック図。

【図 2】

図 1 の電子スチルカメラに用いた C C D 撮像素子の素子構造を示す平面図。

【図 3】

図 1 の電子スチルカメラに用いたデジタルプロセス回路の機能的構成を示すブロック図。

【図 4】

図 1 の電子スチルカメラに用いたデジタルプロセス回路の具体的構成を示すブロック図。

【図 5 A, 5 B】

無補正時の入出力特性と暗出力補正回路における入出力特性を示す図。

【図 6 A ~ 6 D】

本実施形態における被写体輝度と撮像素子出力及び補正回路出力との関係を示す図。

【図 7 A, 7 B】

本実施形態における暗出力補正回路の入出力特性の例を示す図。

【図 8 A, 8 B】

本実施形態における撮像動作を説明するためのフローチャート。

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

(実施形態)

図1は、本発明の一実施形態に係わる電子スチルカメラの基本構成を示すブロック図である。なお、本実施形態では静止画を撮像するためのスチルカメラとして説明するが、静止画に加えて動画撮像機能を有するものであってもよい。

図1中、101は、被写体からの光線をカメラ内に導くための複数のレンズからなる撮影用レンズ系である。このレンズ系101は、レンズ駆動機構102によって駆動されて被写体に焦点が合わされる。露出を制御するための露出制御機構103は、絞り及びこの絞りを駆動する駆動機構を含み、レンズ系101を通過した光線の入射光量を制限してその絞りを制御するために設けられている。また、この露出制御機構103内には、メカシャッタが設けられている。露出制御機構103を通過した光線は、ローパス及び赤外カット用のフィルタ104を介してCCDカラー撮像素子105に導かれる。従って、CCDカラー撮像素子105には、被写体に対応した画像が結像される。

ここで、露出制御機構103に備えられたメカシャッタは、光学的シャッタを代表するものとして従来のアナログ・カメラで用いられているギロチンシャッタ (guillotine shutter) やfocal-plane shutterがある。このメカシャッタ以外の光学的シャッタとしては、例えば液晶シャッタ或いはPLZTシャッタ等がある。また、CCDカラー撮像素子105の入射面には、R、G、B (red, green and blue) の色フィルタが設けられている。

CCDカラー撮像素子105は、駆動信号を発生するCCDドライバ106によって駆動される。CCDカラー撮像素子105からは、色フィルタに対応して各色、例えばR、G、Bの画素信号が発生され、このR、G、Bの画素信号がA/D変換器等を含むプリプロセス回路107に入力され、デジタル化された画素信号がこのプリプロセス回路107から出力される。この画素信号は、デジタルプロセス回路108に入力され、このデジタルプロセス回路108において、色

信号生成処理，マトリックス変換処理，その他各種のデジタル処理が施されてカラー画像データが生成される。そして、このカラー画像データがカードインターフェース１０９を介してＣＦ（Compact Flash Memory Card）等のメモリカード１１０に格納され、また、ＬＣＤ１１１にカラー画像として表示される。

また、図１に示す電子スチルカメラは、その各部を統括的に制御するためのシステムコントローラ（ＣＰＵ）１１２を備えている。リリースボタンを含む各種ＳＷからなる操作スイッチ１１３が操作されると、システムコントローラ１１２は、操作スイッチ１１３の操作に応じてその操作モードを設定し、操作表示装置１１４にその操作状態及びモード状態等を表示させる。また、システムコントローラ１１２は、操作スイッチ１１３、例えばリリースボタンの操作に応答してレンズドライバ１１５にレンズドライブの指示、例えばフォーカス指示を与える。このレンズドライバ１１５からのレンズ駆動信号に従って、レンズ駆動機構１０２が制御されてレンズ系１０１のレンズが動作され、ズーミング或いはフォーカス等が実現される。さらに、このカメラは、被写体に光線を照射する発光手段としてのストロボ１１６を備えている。このストロボ１１６は、露出制御ドライバ１１７によって制御され、その発光光量がこの露出制御ドライバ１１７によって決定され、適切な光量の光線が被写体に向けて照射される。システムコントローラ１１２には、各種設定情報等を記憶するための不揮発性メモリ（ＥＥＰＲＯＭ）１１８が接続されている。不揮発性メモリ１１８に格納された各種のパラメータによってシステムコントローラ１１２は、各部を制御するための制御信号を演算して制御信号として各部に与えている。

図１に示された電子スチルカメラにおいては、上述したようにシステムコントローラ１１２が全ての制御を統括的に行っている。即ち、露出制御機構１０３に含まれるシャッタ及びＣＣＤドライバ１０６によるＣＣＤ撮像素子１０５の駆動を制御することによって、露光（電荷蓄積）及び信号の読み出しを実行する。そして、読み出した信号をプリプロセス回路１０７を介してデジタルプロセス回路１０８に取り込ませ、各種信号処理を施した後に、カードインターフェース１０９を介してメモリカード１１０に記録させている。なお、上記各種信号処理には、後述する本発明の要部であるところの暗出力補正処理が含まれている。但

し、本カメラにおいて信号レベルのデジタル処理は8ビット（0～255）で行われるものとする。また、後に特記する部分を除いては常温を仮定して説明する。

図2は、CCDカラー撮像素子105の素子構造を示す平面図である。受光素子としてフォトダイオード201がマトリクス配置されている。フォトダイオード201間に縦列方向に複数本の垂直CCD202が配置され、垂直CCD202の端部に横列方向に1本の水平CCD203が配置されている。そして、フォトダイオード201に蓄積された信号電荷は電荷移送パルスTGにより垂直CCD202に読み出され、垂直CCD202内を紙面下方向に転送される。垂直CCD202を転送した信号電荷は水平CCD203に移送され、この水平CCD203を紙面左方向に転送され、最終的に読み出しアンプであるFDA（フローティングディフュージョンアンプ）204を介して出力されるようになっている。

図3は、デジタルプロセス回路108における暗出力補正部の構成を機能的に示すブロック図である。シャッタを閉じた状態での一定時間の露光により得られる信号を基に、暗出力検出部310により暗電流が検出される。一方、通常露光による撮像信号は暗出力補正回路320に入力され、暗出力減算部321により撮像信号から暗電流成分が減算される。ここまでは、従来の暗出力補正と同じである。本実施形態では、これに加えて、クリップレベル設定部322及びゲイン設定部323が設けられている。クリップレベル設定部322では、暗出力検出部310により得られた暗電流成分を基に、暗出力減算部321により得られた信号に対するクリップレベルが設定される。ゲイン設定部323では、暗出力検出部310により得られた暗電流成分を基に、暗出力減算部321により得られた信号に対するゲインが調整される。

図4は、デジタルプロセス回路108の具体的構成を示す図である。バスライン401に、RAM402と演算部403が接続されている。シャッタを閉じた状態で撮像して得られる信号をRAM402に格納することにより暗出力が検出される。また、RAM402には通常露光時の撮像信号も格納される。そして、RAM402に格納された通常露光時の撮像信号から暗出力分を演算部403で

減算することにより暗電流を補正した撮像信号が得られる。また、RAM 402 に格納された暗出力の最大値に基づいてシステムコントローラ 112 によりクリップレベルが設定される。さらに、設定したクリップレベルが飽和レベルとなるようにゲインアップ量が設定される。

次に、本実施形態のデジタルカメラを用いた暗出力補正の動作について説明する。

まず、実際の撮影に先立って、暗出力レベルの検出を行う。具体的には、撮影トリガー指令を受けた時点で、まず露出制御機構 103 に含まれるシャッタ装置で撮像素子 105 の受光面を遮光した状態でテスト撮像を行う。即ち、暗黒下で CCD ドライバ 106 により本撮像時の予定露出時間 T_{total} の電荷蓄積動作を行ってテスト撮像信号（暗出力信号）を読み出し、デジタルプロセス回路 108 に格納する。

本実施形態の場合は、テスト撮像時の露出時間と本撮像時のそれとが同じになるようにしているから、このとき得られたテスト撮像信号から本撮像時の暗出力レベルを算出する際の係数（乗数）は 1 である。即ち、テスト撮像信号レベルをそのまま暗出力レベル（暗出力除去基準信号）として用いることができる。

次に、暗出力補正について説明するが、処理の内容は概念的にいくつかに分けて説明できる。第 1 の処理は従来公知のものと同様である。即ち、有効画素部分から読み出された画素信号の各データからこの暗出力除去基準信号を減じたものを補正後の出力とする。言うまでもなく、減算は同じアドレスを持つデータ間で行われる。

この第 1 の処理について、図 5 A、図 5 B を参照してより詳しく説明する。図 5 A、図 5 B において、横軸は撮像素子出力の AD 値、即ち暗出力補正回路の入力値、縦軸は暗出力補正回路の出力値である。入力値については、撮像素子自身の飽和レベルか又は AD 変換の最大レベルのいずれかで飽和してしまうが、このいずれによるかは本質でない。従ってここでは、撮像素子出力信号の飽和は AD 変換の最大レベルによる場合を想定して、記号 S_{at} で表わしている。なお、縦軸の S_{at} は数値的には同じであるが出力デジタル値の最大値であって、概念的には暗出力補正手段の出力飽和レベル（出力可能最大値）に対応するものである。な

お、各図において、添字(i, j)は省略してある。

図5 Aは、参照のため無補正の場合を示したものであり、入力信号には暗出力S_dが重畳されるため、被写体輝度が0でも信号レベルS_d(i, j)が得られる。図5 Bは、暗出力S_d(i, j)を減じる従来の暗出力補正回路の例であり、その出力信号特性は確かに暗出力が除去された被写体輝度を反映したものである。しかし、飽和レベルS_{at}を超える信号はあり得ないから、最大レベルはS_{at} - S_d(i, j)しか得られない。これは、補正する暗出力レベルS_d(i, j)が小さい場合にはあまり問題にならないが、S_d(i, j)が大きい場合に顕著な問題となるものである。

この第1の処理の概念を式で書くと次のようになる。即ち、暗出力補正手段における入力画像信号（即ち有効画像領域に対応する撮像素子出力のデジタル値）をS_{ig}(i, j)、暗出力成分を減じた段階の第1の中間データ（概念上のものであり、処理上の実在は問わない）をS_{dif}(i, j)とすると、

$$S_{dif}(i, j) = S_{ig}(i, j) - S_d(i, j)$$

となる。この段階では、撮像信号の被写体成分が抜き出されてはいるものの、図5 Bに相当する特性であり、暗出力の大きな画素は黒キズになってしまう。

本実施形態の暗出力補正はこれを避けるために、第2の処理として以下に示すクリップ処理を行う。第2の中間データ（概念上のものであり、処理上の実在は問わない）をS_{clp}(i, j)と書けば、

$$S_{clp}(i, j) = S_{dif}(i, j) \quad (S_{dif}(i, j) \leq S_{at} - S_m \text{ の場合})$$

$$S_{clp}(i, j) = S_{at} - S_m \quad (S_{dif}(i, j) > S_{at} - S_m \text{ の場合})$$

となる。但し、S_{at}はこの補正手段への最大入力レベル（撮像信号の飽和レベル）、S_mはS_d(i, j)の1画面最大値（S_m = Max[i, j] {S_d(i, j)}）である。即ち、第1の中間データが（S_{at} - S_m）に達するまではS_{dif}(i, j)がそのまま出力され、第1の中間データが（S_{at} - S_m）を越える場合は一定の出力（クリップレベル）となる。このクリップ処理によって、全画素の最大レベル（飽和レベル）は同じ値に切り揃えられるから、上記黒キズを生じることは無くなる。

この様子を図6 A～6 D、図7 Aに示す。また、前記図2において、画素毎に暗電流の量は異なることから、例えば暗電流のない画素を211、暗電流の少ない画素を212、暗電流の最大の画素を213で示すことにする。被写体輝度に

対する撮像素子の出力信号は、図 6 A のようになる。図 6 A において、暗電流のない画素 2 1 1 の信号は 6 0 1、暗電流の少ない画素 2 1 2 の信号は 6 0 2、暗電流の多い画素 2 1 3 の信号は 6 0 3 のようになる。暗電流のない画素 2 1 1 の信号 6 0 1 は輝度 0 で出力 0 であるが、暗電流を有する画素 2 1 2、2 1 3 の信号 6 0 2、6 0 3 では輝度 0 でも一定の出力がある。但し、何れの信号 6 0 1、6 0 2、6 0 3 においても飽和レベルは同じである。

図 6 B～6 D は、上述の図 5 B の状態を、被写体輝度に対する補正回路出力の関係として書き改めたものであって、信号 6 0 1 から暗電流成分を減算した信号は図 6 B、信号 6 0 2 から暗電流成分を減算した信号は図 6 C、信号 6 0 3 から暗電流を減算した信号は図 6 D となる。そして、図 6 D に示す暗電流が最も多い画素の補正信号からクリップレベルを決める。その結果、図 7 A に示すような特性が得られる。図 7 A の各軸や記号等の定義は、図 5 A、図 5 B と同じである。

但し、これだけでは画面全体が暗くなってしまうから、最終的にはさらに定数に乗じる補正（これをゲイン補正と称する）を行う。補正後の出力を $S_{out}(i, j)$ と書けば、

$$S_{out}(i, j) = S_{clp}(i, j) \times Sat / (Sat - S_m)$$

となる。但し、分子分母の各 Sat はこの例の場合数値的には等しいが、概念的には分子のそれはこの補正手段の最大出力レベル（出力信号の飽和レベル）に、分母のそれは最大入力レベル（撮像信号の飽和レベル）に対応するものである。

即ち、上記クリップレベルに対応する出力がちょうど Sat （出力信号の飽和レベル）に等しくなるように被写体成分に対する実効的なゲインを調節するものである。なお、このように対応付ける場合には、上記クリップ処理を特別に行わなくてもゲインアップ処理を行うだけで、実質的に上記クリップ処理も行われてしまうことになる。このときの総合的な暗出力補正処理の特性を図にしたのが、図 7 B である。図 7 B より判るように、入力信号から被写体成分だけを抜き出した後、この被写体成分に対する実効的なゲインアップを行ったのと等価な特性となっている。

さてこのような暗出力補正を行った場合、ゲイン補正によって画面は明るくなるが、これだけでは被写体輝度域に着目した場合に再現域は改善されていない。

即ち、暗出力によって狭くなった撮像レンジは狭いまま改善されていない。この原因は、ゲインを上げたにも拘わらず露出はゲインを上げる以前の撮像系に対して適正となるようになされたものであるから、露出オーバー状態を来たしているためである。本実施形態のカメラは、この露出オーバー状態を生じないように適正露光を得るべく、露出を補正する手段をさらに有している。

具体的にはシステムコントローラ 112 は、一旦上記説明に従った暗出力低減撮像のためのテスト撮像を行い、その後露出を変更して本露光を行うものである。即ち、テスト撮像の結果上記ゲイン項が求まる。ここで必要な露光量は当初値の $(Sat - S_m) / Sat$ 倍ということになるから、例えばこれに見合うだけ絞りを当初値より絞り込めばよい。F 値で表現すれば、 $F' = F \times \sqrt{\{Sat / (Sat - S_m)\}}$ とすればよい。

また、これを露光時間の短縮で対応しても良く、この場合は短縮に伴って暗出力レベルも比例的に低下するからその分を考慮すれば上記クリップレベルを若干上げることが可能になる。

なお、この暗出力補正処理後において記録に至るまでの後段の回路における映像信号処理は、その必要に応じて適宜使用されるそれ自体は公知の、例えば色バランス処理、マトリクス演算による輝度－色差信号への変換或いはその逆変換処理、帯域制限等による偽色除去或いは低減処理、 γ 変換に代表される各種非線型処理、各種情報圧縮処理、等々である。

次に、本実施形態の撮像動作を、図 8 A 及び図 8 B を参照してより詳しく説明する。

まず、操作スイッチ 113 の操作入力を待ち、ステップ S 1 でリリースオンとなると、撮影トリガー指令が入力される。そして、ステップ S 2 で測光を開始し、ステップ S 3 でテスト撮像時の露出時間を決定する。この露出時間は、例えば本撮像時の予定露出時間（電荷蓄積時間）と同じとする。続いて、ステップ S 4 においてシャッタを閉じ、ステップ S 5 においてテスト撮像を開始する。一定の露出時間経過後、ステップ S 6 においてテスト撮像を終了する。

次いで、ステップ S 7 において、暗電流信号に相当するテスト撮像信号を読み出し、ステップ S 8 において、デジタルプロセス回路 108 内の RAM 402 に

各画素毎の暗出力データAを格納する。そして、ステップS 9においてシャッタ装置を開き、ステップS 10において暗出力データAに基づいてクリップレベルBを決定する。具体的には、暗出力データAが最も大きい画素の撮像信号から暗出力成分を除去した補正信号の飽和レベルと同じにクリップレベルを決定する。このクリップレベルは、前記図6 D中に破線で示す飽和レベルに相当する。続いて、ステップS 11において、暗出力データAに基づいてゲインアップ量Cを決定する。具体的には、暗出力データAが最も大きい画素の撮像信号から暗出力成分を除去した補正信号の飽和レベルが補正前の飽和レベルと同じになるようにゲインアップ量を決定する。さらに、ステップS 12において、ゲインアップ量Cに基づいて露出補正量Dを決定し、これに対応した絞り駆動を行う（前述のF'）。

次いで、ステップS 13において、不要電荷を排出した後に本撮像を開始する。そして、ステップS 14において、本撮像時の露出時間経過後にシャッタを閉じる。（このとき、ステップS 12で決定された露出補正量Dに基づいた補正を絞りではなく、露出時間に反映させるようにしてもよい。）続いて、ステップS 15において本撮像信号を読み出し、ステップS 16において、デジタルプロセス回路108内のRAM402に各画素毎の本撮像データEを格納する。さらに、ステップS 17においてシャッタを開く。

次いで、ステップS 18において、各画素毎に本撮像データEから暗出力データAを減算する。そして、ステップS 19において、ステップS 10で決定したクリップレベルBに従って各画素の信号をレベルクリップする。続いて、ステップS 20において、ステップS 11で決定したゲインアップ量Cに従って各画素の信号をゲインアップする。さらに、ステップS 21において、色バランス処理やマトリクス演算等の処理を施す。そして、最終的にステップS 22において、メモリカード110への記録処理を行う。その後は、再び操作入力待ちの状態となり、ステップS 1に戻る。

このように本実施形態の電子スチルカメラによれば、暗出力レベルに応じて撮像信号の被写体成分に対するクリップレベルを設定しているの、暗出力補正を行いつつ画面に黒キズなどの偽信号が生じるのを防止できる。これに加え、暗出

カレベルに応じて撮像信号の被写体成分に対する実効的なゲインを設定することにより、暗出力補正によって画面が暗くなる不具合を防止できる。また、実効的なゲインに応じて露出を補正することにより、暗出力を生じない通常の被写体を撮像した場合と同等の撮像特性の高画質な画像が得られるという優れた効果を有する。

従って、暗出力補正を行う際に撮像素子やシステムの飽和に起因して生じる問題を解決し、特に高温下や長時間露光時等、画面全体に亘って多数の画素の暗出力レベルが増大してくるような場合にも適用可能で、良好な画像の得られる電子スチルカメラを実現することが可能となる。

(変形例)

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。実施形態においては、説明を明瞭にするために電荷蓄積時間と露光時間とを同一と見なした。厳密に言うと、メカニカルシャッタを用いて露光開始前から電荷蓄積を開始する場合や、或いは露光完了してから所定時間後に電荷を転送路に移送したり、蓄積電荷を転送路に移送した後所定時間後に転送開始する、いわゆる遅延読み出しの手法を用いる場合など、この両者は必ずしも一致しないことがある。しかし、この両者の差はいずれもシステムコントローラ 112 が管理認識しているものであるから、必要に応じてこの差を具体的に考慮して実施形態を適用すればよい。

また、上記実施形態で用いているADコンバータの量子化レベルに関して補足する。現実には、ハードウェアとしてのADコンバータの有する誤差特性が存在し、仮にそれがないとしても、原理的に最小量子化レベル付近においては量子化誤差は相対的には10%にも相当する。これを考慮すれば、上記実施形態に関して実際の量子化に用いるADコンバータは、事情が許す場合には、画像処理系の量子化ビット数（実施例では8ビット）よりも多い、例えば10ビット或いは12ビット程度（それ以上でもよい）のものを使用することがより好適であることは勿論である。

さらに、上記以外にも様々な変形例が考えられる。まず、テスト撮像時の露光時間設定については上記では本露光の露出時間 T_{total} をそのまま用いたが、例えば $T_{total}/2$ とか $T_{total}/10$ とかに設定してテスト露光時間を短縮するこ

ともできる。この変形例の場合は、暗電荷は蓄積時間にほぼ比例することを利用して暗出力レベルを算出することになる。即ち、テスト撮像時の露光時間を T_{total}/N に設定した場合は得られたテスト撮像信号から本撮像時の暗出力レベルを算出する際の係数（乗数）は N となり、 $s = [\text{テスト撮像信号レベル}] \times N$ として求めた暗出力レベルを用いて以後の欠陥検出や暗電流補正を行う。

無論同様の演算を行うことで、少なくとも T_{total} が一定値以下の範囲まではテスト撮像露光時間に固定値を採用することも可能である。また、ダイレクト測光（実露光時の露光量の積分値で露光終了を自動制御するもの）の場合には予定している露出時間を採用することも好適である。

このように、テスト撮像によって得られた撮像素子出力レベルと、テスト撮像によるテスト撮像時間と、本撮像時の露出制御における電荷蓄積時間とに基づいて本撮像時の暗出力レベルを算出することにより、テスト撮像の露出時間に関して制約が少なく、例えばリリースタイムラグを小さくできるなど使い勝手の向上をはかることが可能となる。

また、テスト撮像のタイミングについては本撮影直前が好適ではあるが、これに限定されるものではない。例えば電源投入時、再生モードと切換え可能なカメラにおける撮影モードへの切換え時、２段リリーススイッチカメラ（２段目が撮影トリガー）における１段目操作時、別途設けたテスト撮像スイッチの操作時など、目的に応じて任意の時点で行うように構成し得る。さらに、これを特に本撮像の露光実行後に行うようにしてもよい。即ち、撮像信号はデジタルプロセス 108 にデジタル的に記憶されているから、記録のための信号処理を実行するのを一旦止めておけば、露光後にテスト撮像を行うことが可能である。

この変形例の場合は、テスト撮像によるリリースタイムラグの増加がない、予め露光時間を決めておく必要が全くないから、いわゆるバルブシャッター撮影やタイムシャッター撮影（いずれも撮影者が任意の時刻に露光終了を手動制御するもの）、或いはダイレクト測光などの任意の露光制御にもより簡単に適用可能であるという大きな特徴的な効果を有している。

また、上記暗出力補正に伴う被写体成分に対する可変ゲインの設定は事情に合わせて上記実施形態とは異なる任意の値にしてもよい。具体的には、撮像信号の

被写体成分に対する実効的なゲインを、暗出力補正回路の最大出力レベル（暗出力補正手段の出力側の飽和レベルに対応する値）を撮像信号の飽和レベル（暗出力補正手段の入力側の飽和レベルに対応する値）と暗出力レベル検出部で検出された暗出力レベルの最大値との差で除した値に設定することにより、「飽和に起因する擬似信号の発生を生じない」ようにしつつ、その際の実効的な入出力レンジを等しく合わせることが可能となる。

上記実施形態の設定は既に述べたとおりクリップレベルに対応する出力がちょうど Sat（出力信号の飽和レベル）に等しくなるようにしたものであるから、実効的な入出力レンジを等しく合わせたという意味で一つの最良設定例と言える。この場合は、ゲイン値は任意の値を取るから演算がやや複雑になり、それに対応して露出制御も複雑化するといった問題も生じ得る。そこで、演算や制御の単純化を優先的に意図すれば、上記ゲイン値をステップ状に変えるようにしてもよい。但し、ゲイン値の設定により、クリップレベルに相当する信号が元々の飽和レベル（即ち、出力側の飽和レベル）以上になる必要がある。また、上記ゲイン項の値を例えば 2 の n 乗倍（ n は自然数）から選択するといったものも好適な実施形態の一つとなる。

また、実施形態ではクリップレベルを設定した後にゲインアップ量を設定しているが、必ずしもクリップレベルの設定を行う必要なく、ゲインアップのみを行うようにしてもよい。具体的には、暗出力補正手段において、暗出力レベルの最も大きい画素の撮像信号から暗出力成分を除去した補正信号の飽和レベルが、補正手段の出力側の飽和レベルと等しく或いはそれ以上となるように、ゲインアップ量を設定してもよい。この場合も、結果的に実施形態のように撮像信号をクリップしたものと等価になり、本発明の効果が得られる。

Additional advantages and modifications will readily occur to those skilled in the art. Therefore, the invention in its broader aspects is not limited to the specific details and representative embodiments shown and described herein. Accordingly, various modifications may be made without departing from the spirit or scope of the genera

1 inventive concept as defined by the appended claims and their equivalents.